

TARTU ÜLIKOOL
LOODUS- JA TEHNOLOOGIA TEADUSKOND
Füüsika Instituut

Siim Kanne

**FÜÜSIKA JA MATEMAATIKA ROLL SÕJATEHNOLOOGIA
ÕPPES NING NENDE ÕPETAMISE METOODIKA KAITSEVÄE
ÜHENDATUD ÕPPEASUTUSTES**

Magistritöö füüsika erialal

Juhendajad:
Svetlana Ganina, PhD
Mart Noorma, PhD

Tartu 2015

SISUKORD

1 SISSEJUHATUS	4
1.1 ÜLDOSA JA AKTUAALSUS	4
1.2 SISENDID JA HUVIGRUPID	6
1.3 UURINGU DISAIN	8
1.4 UURINGU USALDUSVÄÄRSUS JA TÕEPÄRASUS	9
2 VALDKONNA ÜLEVAADE	10
2.1 EESTI KAITSEVÄE VAJADUSED	10
2.2 MATEMAATIKA, FÜÜSIKA JA SÕJATEHNOLOOGIA ÕPETAMINE KVÜÕAs	10
2.3 MATEMAATIKA, FÜÜSIKA JA SÕJATEHNOLOOGIA ÕPETAMINE MUJAL MAAILMAS	12
2.4 VÄLJUNDIPÕHINE ÕPETAMINE	13
2.4.1 Õppemeetodid.....	13
2.4.2 Õpiväljundid.....	14
2.4.3 Hindamine	15
3 MATEMAATIKA JA FÜÜSIKA VAJADUSTE MÄÄRATLEMINE.....	16
3.1 TÖÖPROTSESS	16
3.2 VAJALIK TEADMISTE TASE.....	17
3.3 VAJALIKUD TEADMISED, OSKUSED JA HOIAKUD FÜÜSIKAS JA MATEMAATIKAS SÕJATEHNOLOOGIALE MÕISTMISEKS	20
3.3.1 Teadmised füüsisas	20
3.3.2 Teadmised matemaatikas	22
3.3.3 Sõjatehnoloogia teemade seotus matemaatika ja füüsikaga	23
3.4 PRAEGUSTE AINEKAVADE KATTUVUS.....	26
4 EFEKTIIVNE ÕPETAMINE	28
4.1 ÕPETAMINE RAKENDUSKÕRGKOOLIS.....	28
4.2 EFEKTIIVSETE ÕPPEMEETODITE MÄÄRATLEMINE KVÜÕA KONTEKSTIS	28
5 ETTEPANEKUD	31
5.1 ETTEPANEKUD TEHNOLOOGIA-, FÜÜSIKA- JA MATEMAATIKAÕPPE ARENDAMISEKS.....	31

5.2 ÕPIVÄLJUNDITE MÄÄRATLEMININE TEHNOLOOGIAÕPPES	32
KOKKUVÕTE	34
SUMMARY	36
KASUTATUD KIRJANDUS	38
LISAD.....	41
LISA 1. SÕJATEHNOLOOGIATE SEOTUS MATEMAATIKA JA FÜÜSIKAGA	41
LISA 2. SÕJATEHNOLOOGIATE SEOTUS MATEMAATIKA JA FÜÜSIKAGA ALATEEMADE KAUPA	43

1 Sissejuhatus

1.1 Üldosa ja aktuaalsus

Globaalsed trendid, mida me näeme on, et sõjalisi konfliktikoldeid tekib juurde ning nende arv ajalooliselt ei vähene, pigem kasvab. Viimasel aastal maailmas aset leidnud sündmused annavad aimu, et turvalises ei ole iseenesest mõistetav - me ei ole kindlasti olukorras, kus saaksime kaitseväge ära kaotada.

Tänapäevastes konfliktides on järjest kandvam roll kõrgtehnoloogilistel sõjapidamise vahenditel: digitaalsidest ja mehitamata lennukitest kuni tarkade pommideni. Selline areng eeldab sõdurilt järjest suuremaid teadmisi ja oskusi matemaatika- ja loodusteaduste vallas.

Sõjatehnoloogia all mõistetakse erinevaid militaarvaldkonna tehnikaharusid, nt side-, sensor-, energiatootmis- ja ladustamis-, relva-, peitetehnoloogiad. Eesti kaitsevõime toetamise seisukohalt on oluline, et Eesti Kaitseväge (KV) liikmed on kõrgelt koolitatud ning tehnoloogiline võimekus on võrdne maailmatasemega, nii meie liitlaste kui ka potentsiaalsete vastasega.

Ohvitseride koolitus on Eestis organiseeritud läbi Kaitseväge Ühendatud Õppeasutuste (KVÜÕA), kus alates 1998. aastast korraldatakse väljaõpet, mille primaarne suund on sõjaväeline juhtimine. Juhtimise juures on tähtis osa analüüsi- ja sünteesioskustel ja oma roll on nende oskuste arendamisel ka loodus- ja täppisteaduste ainetel. Sealjuures on oluline koht matemaatikas ja füüsikal sõjaväelasele vajaliku tehnoloogia mõistmise, kasutamise ja rakendamise oskuste arendamisel.

Uurimuse vajadus tuli esile KVÜÕA poolse huviga suurendada õppe fookust tehnikale ja tehnoloogiale, sellega kaasnes vajadus sõjatehnoloogia õpiku vastu, mis oleks laiemalt Eesti Kaitsevägele ja konkreetsemalt KVÜÕA õppuritele kaasaegne ja emakeelne õppevahend. Koos tehnoloogiaõppe uuendamisega on soov kaasata traditsiooniliste õpetajakesksete õppemeetodite asemel rohkem õppijakeskseid võtteid [1]. Uute normide tulemisega koos õppevahendiga, tekib vajadus kooskõlastada praeguste õppeainete, -väljundite ja -meetodite sobivus uue materjaliga ja pakkuda välja parimad lahendused nende omavaheliseks seostamiseks.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on tuua välja konkreetsed võimalused füüsika, matemaatika ja sõjatehnoloogia õppe arendamiseks Kaitseväge Ühendatud Õppeasutustes ja seda nii temaatilisest

kui ka didaktilisest aspektist lähtudes. Antud töö raames keskendutakse KVÜÕAs õpetatavale erialale „Sõjaväeline juhtimine maaväes“ [2].

Eesmärgi saavutamiseks püstitati järgnevad uurimisküsimused:

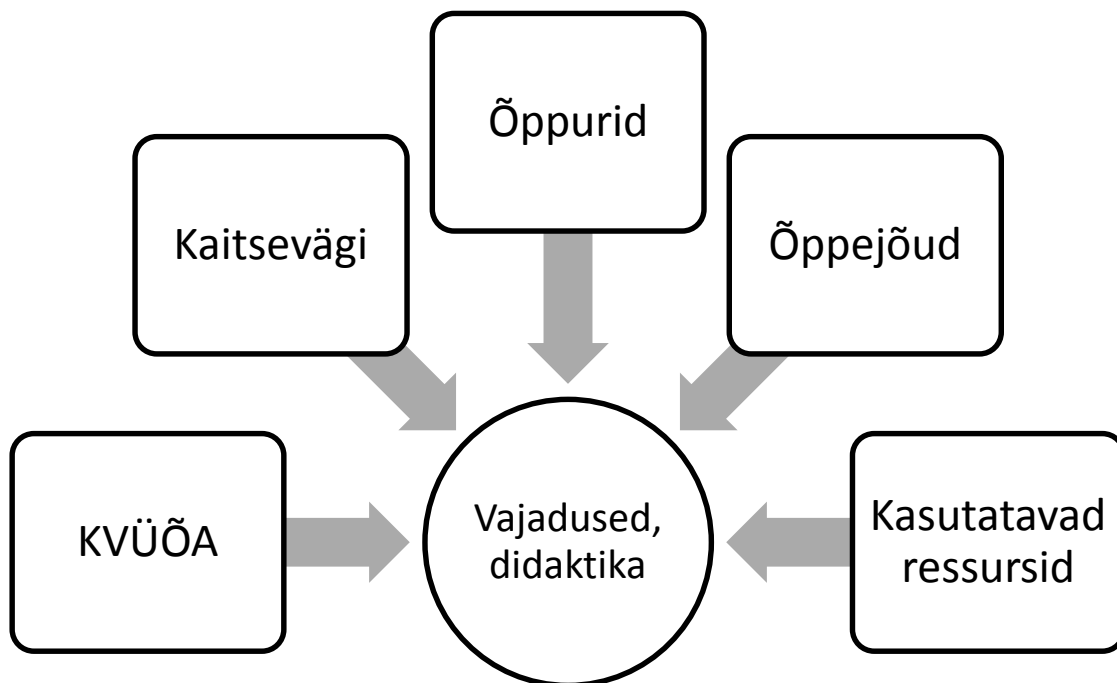
- Millised on Eesti Kaitseväe vajadused teadmiste ja oskuste järele füüsika ja matemaatika valdkonnas?
- Milline on loodus- ja täppisteaduste roll kehtivates KVÜÕA õppekavades?
- Kuidas on võimalik siduda loodus- ja reaalainete sisu tehnika ja tehnoloogia õpetamisega?
- Millised õppemeetodid on tõhusamad matemaatika, füüsika ja tehnoloogia õpetamisel õpiväljundite saavutamiseks?

Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks ja eesmärgi täitmiseks otsustati järgmiste meetodite kasuks:

- analüüs vajaduste väljaselgitamiseks intervjuu alusel;
- kehtivate füüsika ja matemaatika ainekavade analüüs;
- õppemeetodite võrdlusanalüüs ja ettepanekute tegemine;
- koostatud mudelile hinnangu saamine eksperthinnangute alusel.

1.2 Sisendid ja huvigrupid

Antud töös peab arvestama mitme erineva grupi huvidega (vt joonis 1). Samuti on olemas alusuuringud, millest saab lähtuda. Järgnev joonis näitlikustab erinevaid sisendeid, mille analüüsi tulemusel saab leida matemaatika- ja füüsikaõppe vajadused ning õpetamise didaktika.



Joonis 1. Huvigrupid, sisendid

Alljärgnevana tuuakse välja huvigruppide ja sisendite lühikirjeldus.

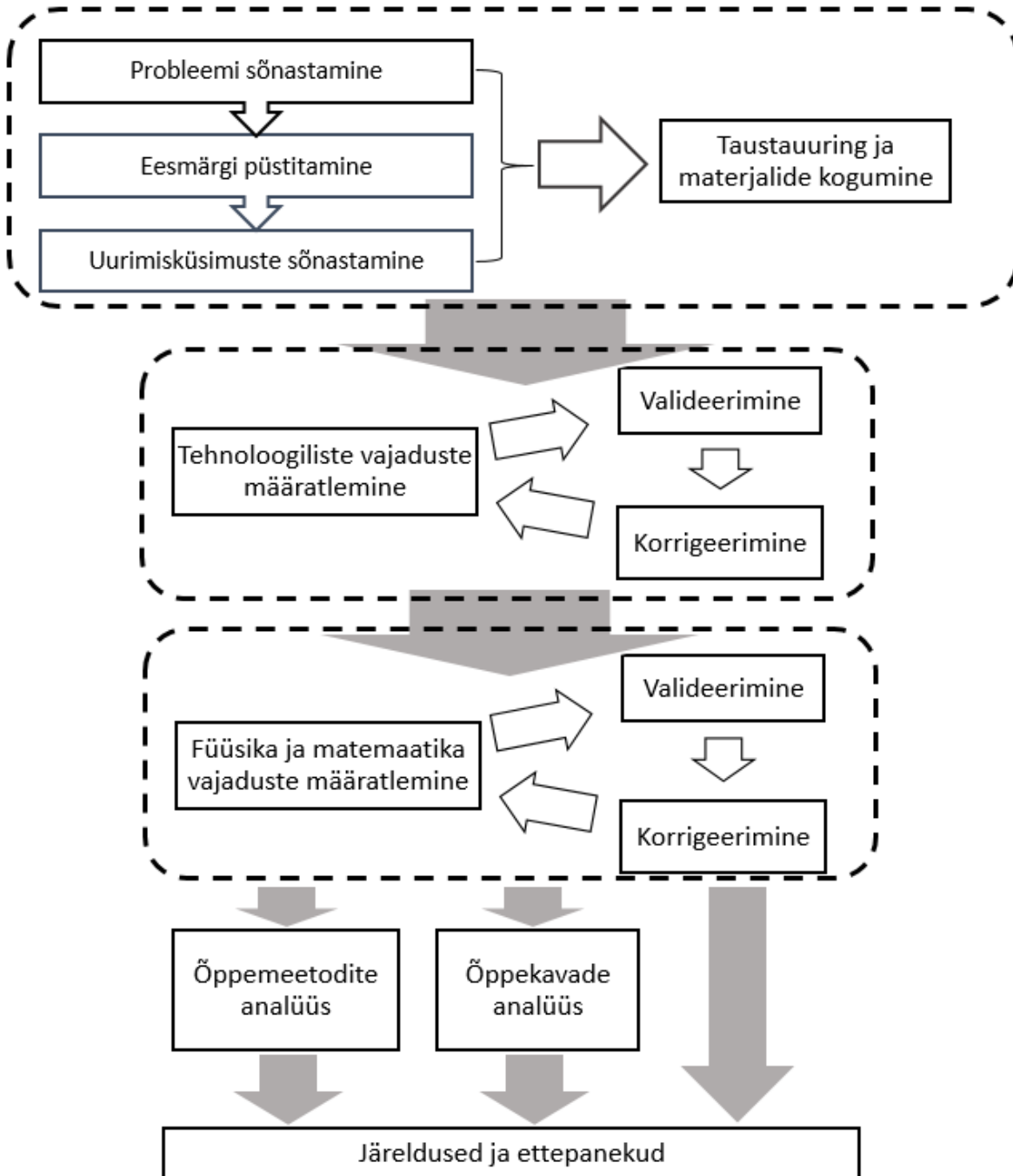
- **Kaitsevägi** kui Eesti riiki sõjaliselt kaitsev institutsioon, mis vajab kõrge haridusega, kaasaegsete teadmistega sõjaväelasi, kes on pädevad sõjatehnoloogia harudes ning nende aluseks olevas matemaatikas ja füüsikas. Aegunud teadmised tänapäeva tehnoloogiast nõrgestavad Eesti kaitsevõimet ja võivad luua valesid arusaamasid ohtudest. Kaitseväge esmane huvi on see, et sõjaväelased oskavad oma valdkonnas kaasaegset tehnikat kasutada ja on kursis värskemate trendidega. Matemaatika ja füüsika sügavamad mõistmist peetakse teisejärguliseks ning arvatakse, et see tuleks jätta pigem spetsialistidele, inseneridele. [3, 4, 5]

- **KVÜÕA kui õppematerjalide tellija.** Loodus- ja täppisteaduste õppetooli ülem major Veljo Raide on praegu väljatöötamisel oleva eestikeelse sõjatehnoloogia õpiku kontseptsiooni väljapakkuja. KVÜÕA huvi on koostada lihtsalt kasutatav ja kaasajastatav materjal, mis seob tehnoloogiate õppe ning nende taga asetsevate fundamentaalteadustega. Samuti soovitakse liikuda õppijakesksete õpetamis- ja õppimismeetodite kasutamise suunas. [1]
- **Kadetid, kellele materjalid on suunatud.** Tegemist on väga erineva taustaga inimestega, kellest paljud tulevad õppima keskkooli baasilt ning kelle huvid on tihti pigem praktilised ning kelle õpe keskendub põhiliselt juhtimise valdkonnale ning fundamentaalteaduste õppimine on selle kõrval väikesemahuline. KVÜÕAs on viimaste aastate jooksul viidud läbi erinevaid uuringuid, mis kinnitavad, et eelistatakse õppijakeskseid õpetamismeetodeid. [6, 7, 8, 9, 10, 11]
- **Õppejõud kui materjali edasi andjad.** KVÜÕA puhul on õppejõududeks ka sõjaväelased, kes ei ole õpetajaharidusega ega reaalteaduste taustaga. Kahtlemata soovivad õppejõud kasutada lihtsalt käsitletavaid ja õppuritele lihtsasti mõistetavaid materjale õpetamiseks. Eestis on läbi viidud uuring õppejõud-praktikute õpetamishoiakutest, kust selgub et eelistatavalt kasutatakse õpetajakeskseid materjale. [12]
- **Olemasolevad ressursid ja metoodika kaalutlused.** KVÜÕAs on uuritud erinevate õppemeetodite efektiivsust ja samuti on hiljuti koostatud võrdlevad materjalid erinevatest õppemeetoditest kõrgkoolis [13].

Erinevate huvigruppide paremini mõistmiseks on käesoleva uurimistöö autor läbi viinud vestlusi KVÜÕA õppurite ning KVÜÕA loodus- ja täppisteaduste õppetooli ülema Veljo Raidega, läbinud KVÜÕA magistriõppe aine „Sõjatehnoloogiad“ (TÜ füüsika õppekava järgi „Kosmose- ja militaartehnoloogia seminar“). Samuti viidi läbi intervjuud endise kaitseväge juhataja Johannes Kertiga ja KVÜÕA matemaatika- ning füüsikaõppejõuga. [3, 14, 15]

1.3 Uuringu disain

Joonis 2 kirjeldab uurimistöö läbiviimise etappe.



Joonis 2. Uuringu disain

Esimeses etapis sõnastati probleem, püstitati eesmärgid, sõnastati uurimisküsimused ja viidi läbi taustauuring. Sellele järgnes tehnoloogiliste vajaduste kaardistamine. Tehnoloogiaõppe teemade kirjeldamisele järgnes füüsika ja matemaatika vajaduste määratlemine. Seejärel tehti praeguste õppekavade ning efektiivsete õppemeetodite analüüs. Saadud füüsika- ja matemaatikateadmiste ning -oskuste, õppemeetodite ja õppekavade analüüsi tulemustest tehti järeldused ja ettepanekud.

1.4 Uuringu usaldusväärsus ja tõepärasus

Käesolevas magistritöös kasutati põhilise meetodina analüüsi. Kuna tegemist on uurimistööga, siis on tähtis hinnata töös kasutatavate instrumentide valiidsust ja reliaablust [16]. Reliaabluse (inglise k *reliable, reliability*) all peetakse sotsiaalteadustes silmas usaldusväärsust. See näitab, kui võrd täpselt mõõdetakse tulemusi ning missugusel määral on uurimistulemused sõltuvad juhuslikest faktoritest, mida uurimuses ei käsitleta [17, 18]. Reliaablus iseloomustab kasutatud metoodika stabiilsust ning korratavust teise uurija poolt [19].

Valiidsus (inglise k *validity*) on uuringu tõepärasus ja põhjendatus. Valiidsus tähendab, kas mõõdeti seda, mida mõõta ja analüüsida sooviti ja kas järeldused tulenevad andmetest. [16, 17]

Käesoleva uuringu valiidsuse ja reliaabluse suurendamiseks kasutati järgmisi meetodeid:

- a) juhendajad andsid kogu protsessi kohta hinnangu, seejärel uuringu kavandit korrigeeriti;
- b) intervjuu küsimusi arutati töö juhendajatega ja vastavalt märkustele tehti küsimustes korrekture;
- c) intervjuud viidi läbi vastajale sobival ajal ja sobivas keskkonnas;
- d) keegi ekspertidest ei saanud intervjuu andmise eest tasu;
- e) koostatud analüüsi tutvustati oma ala ekspertidele ja nad andsid sellele omapoolse hinnangu;
- f) antud uurimistöö autor ei ole KVÜÕA töötaja, ehk pakutud analüüs on maksimaalselt erapooletu;
- g) käesolevas töös on kirjeldatud uurimistöö teostamise etappe, seega on võimalik uuringut korrata.

2 Valdkonna ülevaade

2.1 Eesti Kaitseväge vajadused

Eesti Kaitsevägi vajab kõrget oskuste ja teadmiste taset nii riigi enda kaitseks kui ka oma panuse andmiseks NATOs. Oma väiksuse tõttu ei saa Eesti lubada endale aegunud sõjaväge. Samuti ei saa Eesti välja saata suuri väekontingente, et toetada liitlasmissioone, vaid võimekus peab peituma spetsialistides, kes suudavad pakkuda arvestava panuse tänu oma teadmistele ja oskustele. Headeks näideteks saab tuua Tallinnas asetseva NATO Küberkaitsekeskuse, mis loodi Eesti initsiatiivil 2007. aastal; teise näitena saab tuua kõrgel tasemel miinitõrjujad, kel on NATOs ainulaadne praktiline kogemus meremiinide demineerimisel tänu Läänemere piirkonna ajaloole.

Hiljuti soetas Eesti riik tankitõrjesüsteemi Javelin ning peagi on KV relvastusse tulemas meie jaoks uut tüüpi soomukid CV-90. Mõlemad tõstavad tehnoloogilist taset KVs, mis eeldab neid käsitlevate sõdurite kui ka ülemuste teadmiste ja oskuste taseme vastavat suurenemist. Lisaks oma relvastuse uuenemisele arendavad me liitlased ja potentsiaalsed vastased jooksvalt uusi relvasüsteeme, millega sõjaväelased peavad olema suutelised kursis püsima. See kõik eeldab kaitseväelaselt head teadmiste taset ja laia silmaringi.

2.2 Matemaatika, füüsika ja sõjatehnoloogia õpetamine KVÜÕAs

Kaitseväge Ühendatud Õppeasutustes koolitatakse välja ohvitsere maaväele, õhuväele ja mereväele. Vastavalt on kõrgkooli rakenduslik õpe jagatud kolmeks kursuseks, maaväe, õhuväe ja mereväe põhikursusteks, kus igal suunal on suured kattuvused teiste suundadega, aga samas toimub ka spetsialiseerumine. Matemaatikaõpe toimub kõigil kolmel põhikursusel aines „Matemaatilised mudelid sõjanduses“ (mahus 3 EAP), lisaks on veel õhuväele ja mereväele täiendavalt 3 EAP mahus kursused [20]. Füüsikaõpe toimub eraldi igale suunale vastavates ainetes „Füüsika rakendused maaväes“ (mahus 3 EAP) [21], „Füüsika rakendused õhuväes“ (mahus 6 EAP), „Füüsika rakendused mereväes“ (sõltuvalt spetsialiseerumisest kas 3 või 6EAP). Sõjatehnoloogia all mõistetakse erinevaid militaarvaldkonna tehnikaharusid, nt side-, sensor-, energiatootmis- ja ladustamis-, relva-, peitetehnoloogiad. Tehnoloogiaõppes käsitletakse maailmas ja esmajoones Eesti Kaitseväes kasutusel olevaid seadmeid, nende kasutamist, ehitust, tööpõhimõtteid, tugevusi ja nõrkusi soovitud tagajärgede saavutamisel.

Sõjatehnoloogia õpe toimub läbi erinevate ainete, mis arendavad erialaseid oskuseid, nt. „Sidevahendid, -võrgud ja –protseduurid (8 EAP)“, „Infotehnoloogia alused (4 EAP)“, „Suurtükiväepataljoni sideõpe (2 EAP)“, „Suurtükiväe relva- ja laskemoonaõpe ning relvameeskonna ülesanded (4 EAP)“. Bakalaureuse tasemel ei toimu laiapõhjalisemat sõjatehnoloogia õpet, mis ulatuks valitud erialast palju kaugemale. Sõjatehnoloogia aine, kus toimub valdkonnaülene õpe, on vaid magistritasemel aines „Sõjatehnoloogiad“, kus käsitletakse erinevaid valdkondi.

Aastatel 2003-2007 hakati aktiivselt jälgima ja parendama füüsika õpet. Esimesel aastal oli füüsikaõpe efektiivsus kõige madalam, kuid paranes aasta-aastalt. Põhjusteks loetakse, et hindamissüsteem ei olnud veel välja kujunenud ning kontrolliti pigem teadmisi kui oskusi. Efektiivsuse tõstmiseks uuriti õppijate eelistusi õppeprotsessi suhtes ning keskenduti rohkem oskuse õpetamisele läbi laboritööde ning teooria ja praktika seostamise. [8, 9]

Nagu kõikide teiste ainete puhul, mindi ka füüsika õpetamisel 2007. aastal üle väljundipõhisele õpetamisele ja hindamisele ning aastatel 2009-2012 mindi traditsioonilisest loengu vormist üle aktiivõppele, kus rõhk on õppurite endi tegevusel. Nende kolme aasta jooksul viidi läbi uuring kasutatavate meetodite efektiivsusest ning kadettidelt saadud tagasisidest saadi ülevaade erinevate õppe- ja hindamismeetodite vastuvõtlikkusest ja efektiivsusest. [11] Antud uuring kinnitas, et kadetid eelistavad õppimist läbi praktika ja on rohkem huvitatud õppijakesksetes ja aktiivõppemeetodites.

Matemaatika suunas ei ole viidud läbi sarnaseid uuringuid, kuid võib eeldada, et kadettide eelistused õppeprotsessi suhtes on sarnased nii matemaatikas kui füüsikas ning seega on õppemeetodid ülekantavad.

Seega on järjepidevalt liigutud teadmistekeskselt hindamiselt oskuste hindamisele ning järgmise sammuna on KVÜÕA soov liikuda õppejõukeskselt õppelt veel rohkem õppijakesksele õppele, mis on uuringute tulemuste järgi efektiivsem ning õppijatele huvitavam, kuna õppijad peavad tunnis aktiivselt tegutsema. [7, 10, 6]

Kui varasemalt on fookus olnud, et ained saaksid õpetatud, siis praegu soovitakse fookus suunata sellele, et kadetid mõistaksid tehnikat ja tehnoloogiat laiemalt. Ühelt poolt soovitakse füüsika ja matemaatika kui traditsiooniliste akadeemiliste õppeainete mahtu vähendada, aga teisalt soovitakse paremat arusaama tehnoloogiast, mis omakorda nõuab eelmise kahe valdkonna paremat mõistmist.

Võttes arvesse, et KVÜÕA eesmärk ei ole koolitada insenere, vaid tulevase juhte (millele viitavad juba erialade nimetused, nt sõjaväeline juhtimine maaväes/mereväes/õhuväes [2]) ning puudub vajadus ja ajaline ressurss süvaõppeks, siis soovitakse vajalik teadmiste ja oskuste tase saavutada ühendades tehnoloogia-, füüsika- ja matemaatikaõpe üheks tervikuks, kus õppurid, lahendades erialaseid probleeme tehnoloogia valdkonnas, kohtuvad asjakohaste füüsika ja matemaatika teemadega, mille omandamine akadeemilise loengu vormis ei ole atraktiivne [9].

2.3 Matemaatika, füüsika ja sõjatehnoloogia õpetamine mujal maailmas

Otsides informatsiooni avalikest allikatest, selgub et ohvitserikoolitusel keskendutakse enamasti ainult juhtimis- ja planeerimisoskustele. Võib leida erinevaid sõjaväeinseneride koole, kuid nende õppekavade täpsem sisu ei ole kättesaadav (nt Briti armee *Royal School of Military Engineering* [22]). Tõenäoliselt hoiavad militaartehnoloogia valdkonna õppeasutused ennast esmaplaanilt eemal ning turvalisuse kaalutlustel ei avalikusta oma õppekavasid.

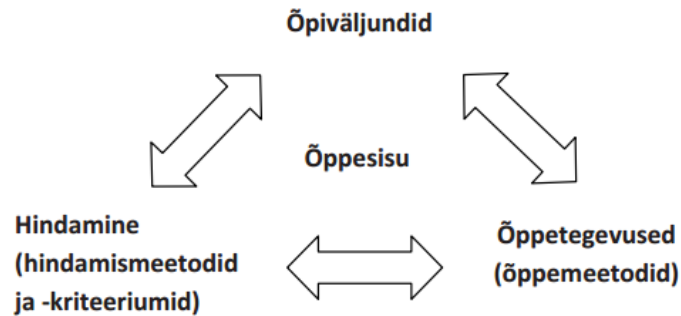
Intervjuust kindralleitnant Johannes Kertiga, keda on koolitatud Venemaal, Soomes, Saksamaal ja Ameerika Ühendriikides, selgub et kõrgemates sõjakoolides üldjuhul ei õpetata matemaatikat ega füüsikat, sõjatehnoloogiast räägitakse, aga õpe keskendub põhiliselt juhtimisele, planeerimisele, strateegiale ja taktikale, tehnoloogiaõpe toimub insenererialadel. [3]

Kerti sõnul on juhtimise tasemel vajalik matemaatika lihtne, on vaja teada liitmist, lahutamist, korrutamist ja jagamist, ning sõduri tasemel üldiselt eeldatakse, et tänapäeva sõjapidamisvahendid on piisavalt kasutajasõbralikud, et neid võiks kasutada ilma fundamentaalsete teadmisteta. Kerti sõnul on vajalik, et ohvitser teaks ja mõistaks oma ja potentsiaalsete vastaste käsutuses olevaid vahendeid sh nende tööpõhimõtteid, et vältida üllatusi ning võimalusel ise vastast üllatada, aga ohvitseride õppes sellele tavaliselt ei keskenduta. [3]

KVÜÕA loodus- ja täppisteaduste õppetooli ülem major Veljo Raide, kes tegeleb sõjatehnoloogia ainete arendamisega, on õppinud Soome Riigikaitse Kõrgkoolis ja pakkus välja esialgse tehnoloogiaõppe teadmiste ja vajaduste kaardi tehnoloogiaõppe uuendamiseks KVÜÕAs Soomes läbitud tehnoloogiaõppe baasil [4]. Loomulikult pole võimalik kanda üle Soomes kasutatud ainekava otseselt KVÜÕA õppekavadele, seega peabki põhjalikult uurima teiste kogemust, uurima Eesti Kaitseväge vajadusi ja leidma KVÜÕA jaoks optimaalsema lahenduse.

2.4 Väljundipõhine õpetamine

KVÜÕAs mindi 2007. aastal üle väljundipõhisele õpetamisele ja hindamisele. Väljundipõhises õpetamises on nõ kolm põhitala – õpiväljundid, õppemeetodid ja hindamine. (vt joonis 3)



Joonis 3. Õpiväljundite, hindamise ja õppemeetodite skeem [11]

Väljundipõhine õpetamine eeldab, et õpiväljundite hindamisel kasutatakse sobivaid meetodeid [23] ja õpiväljundite saavutamiseks kasutatakse sobivaid õppemeetodeid [24, 13]. See tähendab, et hindamine, õppemeetodid ja õpiväljundid peavad olema omavahel kooskõlas.

2.4.1 Õppemeetodid

Mari Karm koostatud raamatus „Õppemeetodid kõrgkoolis“ on õppemeetodid kirjeldatud kui õppejõu käsutuses olevad vahendid õppekeskkonna loomiseks, mis aitavad õpilastel aktiivselt teadmisi ja oskusi omandada [13].

Õppemeetodeid saab liigitada erinevalt [13]:

- juhtiva poole järgi: õppejõukeskne (nt loeng, juhitud diskussioon), õppijakeskne (nt rühmameetoditest projekt ja individuaalmeetoditest mõttekaart);
- õpiväljundi järgi: teadmised (nt loeng), analüüsioskus (nt probleemõpe), mõistmine (nt kokkuvõtte kirjutamine), rakendamine (nt juhtumianalüüs), koostööoskused (nt projekt), loovus (nt rollimäng);
- tegevuse järgi: lugemine (nt küsimused autorile), kirjutamine (nt Vikipeedia sissekanded), kuulamine, arutlemine (nt debatt);
- õppeprotsessi ülesehituse järgi: häälestus (nt ajurünnak), uue õppimine (nt lugemine), refleksioon (nt mõistekaart), tagasiside (nt lühikirjutised);

Õppemeetodi valikul tasub õppejõul silmas erinevaid tegureid: eesmäärke, aine ja õpilaste eripära, õppurite ja õppejõu endi oskusi ja kogemusi meetodite kasutamisel, õpikeskkonda ja ressursse.

Õppe mitmekülgsemaks ja õppijakesksemaks muutmiseks peab teadma erinevaid õppemeetodeid ning oskama neid kasutada. Ühtlasi, nagu toovad välja erinevad õppimise ja õpetamise alased spetsialistid Valgmaa, Nõmm [25] ning Karm [13], on oluline osata teadlikult valida õppe läbiviimiseks sobilikke meetodeid.

Õpilaste seas eristatakse kahte õpihoiakut: sügavat ja pindmist. Pindmiste õpihoiakute puhul on õpilaste peamine soov „läbi saada“, samas kui sügava õpihoiakuga õpilased üritavad mõista ja mõtestada õpitut enda jaoks. Sügavat õpihoiakut toetavad pigem aktiivõppemeetodid, samas kui pindmist hoiakut toetavad õppejõukesksed meetodid. [13]

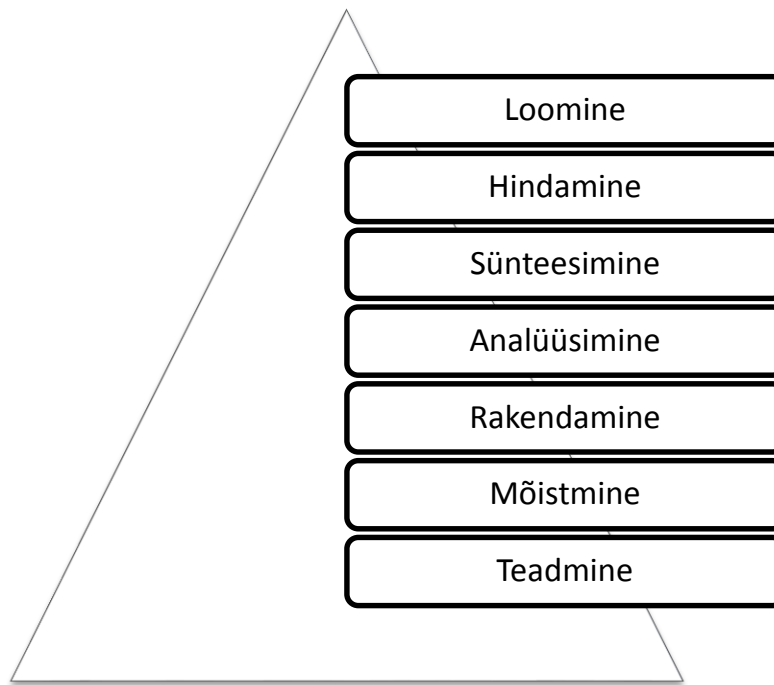
2.4.2 Õpiväljundid

Õpiväljundid on „õppimise tulemusel omandatavad teadmised, oskused ja hoiakud või nende kogumid (pädevused), mille olemasolu ja/või saavutuse taset on võimalik tõendada või hinnata.“. [11]

Õpiväljundite sõnastamisel lähtutakse Bloom-i taksonoomiast [11], mis liigitab õppimise eesmärgid erinevatele tasemetele (vt joonis 4). Kasutades tasemetele vastavaid tegusõnu seatakse eesmärgid, mis on väljunditeks. On tähtis silmas pidada, et õpiväljundid määravad miinimumtaseme, mille õppur peab saavutama aine läbimise käigus. [11]

Tasemed ja neile vastavad tegusõnad on järgnevad [26, 27, 28]:

1. teadmine: defineerib, kirjeldab, identifitseerib, tähistab, loetleb, nimetab, visandab jt;
2. mõistmine: tõlgendab, teisendab, põhjendab, eristab, mõistab, jutustab ümber jt;
3. rakendusoskus: kasutab, demonstreerib, lahendab, moodustab, avastab, muudab jt;
4. analüüsivõime: tunneb ära, eristab, tõestab, võrdleb, hindab, analüüsib, identifitseerib jt;
5. sünteesimisoskus: esitab, pakub välja, tutvustab, struktureerib, formuleerib, õpetab jt;
6. hindamisoskus: otsustab, hindab, kiidab, tunnustab, soovitab, järeldab, võrdleb, vastandab
7. loomisoskus: kujundab, konstrueerib, seab hüpoteese, planeerib/kavandab, toodab, leiutab jt;



Joonis 4. Bloom-i taksonoomia hierarhia. Õppimise eesmärkide tasemed

2.4.3 Hindamine

Õpiväljundite saavutamise ja valitud õppemeetodite efektiivsuse määramiseks on tarvis õppijate teadmisi ja oskusi hinnata.

Hindamine on defineeritud kui õppeprotsessi osa, kus antakse õppija õpiväljundite saavutatusele õiglane ja erapooletu hinnang kindlate hindamiskriteeriumite alusel. Teadmiste ja oskuste omandatuse taset hinnatakse vastavalt õppekavas kirjeldatud õpiväljunditele. [29]

Hindamise definitsioonist tulenevad mitmed hindamispõhimõtted [23]:

- hinnatakse, kas õppija on aine, mooduli või muu õppekava osa õpiväljundid omandanud;
- hindamine toimub õpiväljunditega sobivate hindamismeetodite abil;
- hindamise objektiivsuse tagab toetumine hindamiskriteeriumidele.

Hindamise meetodeid on palju erinevaid (vt „Väljundipõhine hindamine kõrgkoolis“ [23]) ning meetodite valikul lähtuvad õppejõud erinevatest aspektidest – tudengite hulk, sarnaste ainete hindamismeetodid, mugavus jt [30]. Väljundipõhine hindamine eeldab, et õpiväljundite hindamisel kasutatakse sobivaid meetodeid [23].

3 Matemaatika ja füüsika vajaduste määratlemine

3.1 Tööprotsess

Käesoleva töö eesmärk on tuua välja konkreetsed võimalused füüsika, matemaatika ja sõjatehnoloogia õppe arendamiseks Kaitseväe Ühendatud Õppeasutustes ja seda nii temaatilisest kui ka didaktilisest aspektist lähtudes.

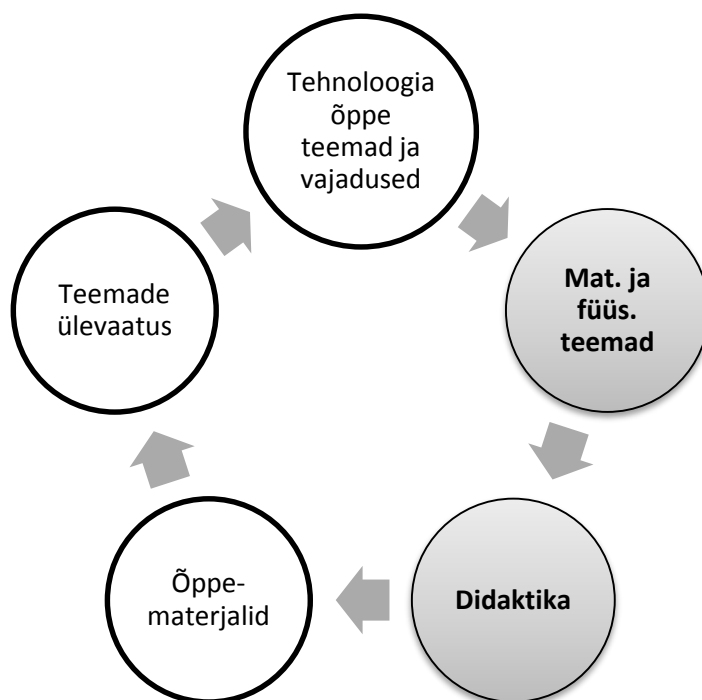
Seoses sellega on vaja läbi viia analüüs ja välja pakkuda vajadused matemaatika ja füüsika õppeks ning arendada ainete omavahelist lõimimist ning samuti lõimimist KV teemadega.

Nimetatud vajaduste lähtepunktiks on KVÜÕA loodus- ja täppisteaduste õppetooli ülema Veljo Raide poolt koostatud tehnoloogiaõppe teemade esmane kaardistus. Analüüsi teises osas pakutakse välja efektiivsemad õppemeetodid õpiväljundite saavutamiseks.

Tehnoloogiaõppe arengut ilmestab joonis 4. Esmane lähtepunkt, kus ollakse uuendatud tehnoloogiaõppekavaga KVÜÕAs praegu, on esialgsed tehnoloogiaõppe vajadused, millele järgneb matemaatika ja füüsika teemade ning didaktika analüüs, seejärel pakutakse välja esmased õppematerjalid (või kontseptsioonid) ning tehnoloogiaõppe vajaduste arenedes kogu protsess kordub. Sellest protsessist tegeleb antud töö matemaatika, füüsika ja didaktika analüüsiga maaväe põhikursuse raames.

Siin peatükis tegeletakse matemaatika- ja füüsika vajaduste määramisega, järgmises peatükis tegeletakse õppemeetodite uurimisega, hindamismeetodite analüüs jääb selle töö haardest välja.

Analüüsi sisendiks olev tehnoloogia õppe vajaduste kaardistus on alles esialgne ja muutuv, esmane, sisendiks olev, versioon sai koostatud Veljo Raide poolt 2015. aasta alguses. Sama aasta märtsis viidi KVÜÕA poolt läbi küsitlusuuring „Tehnika ja tehnoloogia“ KV erinevates osakondades, kus uuriti teenistuses oleva personali arvamusi vajaduste suhtes. Töö kirjutamise ajal on küsitluse tulemused alles töötlemisel, seega tuleb märkida et hetkeks, kui käesolev töö saab esitatud ei pruugi saadud tulemused enam olla täielikult päevakorralised kuna tehnoloogia õppe vajadusi, mis on aluseks, on edasi arendatud.



Joonis 4. Tööprotsessi kirjeldus. Tehnoloogia õppe teemade ja vajaduste arenedes muutuvad vajadused matemaatika, füüsika ja nende õppemeetodite suhtes. Täidetud ringid märgivad antud töö fookust

3.2 Vajalik teadmiste tase

Tehnoloogia täielikuks mõistmiseks on tarvis mõista matemaatikat ja füüsikat kõrgel tasemel, kuid teadmiste taseme vajadus sõjaväelasele, kelle õppesuund ei ole tehniline, vaid juhtimissuund, ei saa olla kõrgem kui laias laastus ja lihtsamas lähenduses erinevate teemade mõistmine või rakendamine nendega kokkupuutesse sattudes.

Teadmiste ja oskuste taseme määravad tehnoloogiaõppes õppekava „Sõjaväeline juhtimine maaväes“ õpiväljundid (vt tabel 1), kust saab järeldada, et tehnoloogia õpe peab saavutama rakendamisoskuse taseme järgnevate õpiväljundite järgi: (i) „õppur on vastavalt spetsialiseerumisele võimeline tegutsema relvaliigi asjatundjana kuni pataljoni suuruses üksuses“ ja (ii) „Õppur tunneb ja oskab kasutada jalaväerühma ning spetsialiseerumisjärgse relvaliigi varustust ja relvastust.“.

Teadmiste ja oskuste tase matemaatikas ja füüsikas on määratud õpiväljunditega ainetes „Matemaatilised mudelid sõjanduses“ ja „Füüsika rakendused maaväes“ (vt tabel 2 ja 3) kust selgub, et füüsikanähtuse ja matemaatikateemade puhul peab tase enamasti rakenduoskusega. Eranditena eeldavad sünteesioskust oskus iseseisvalt planeerida ja läbi viia katseid, mõõtmisi ja meeskonnatööd ning hindamisoskust eeldab info kogumine.

Edasises analüüsis otsitakse vajalikke teadmisi matemaatikas ja füüsikas ning nende vajalikku taset läbi tehnoloogiateadmiste ja –oskuste taseme, mis on määratud läbi õppekava eesmärkide – milleks on rakendusoskus –, ega võeta eelduseks et neid peaks oskama samal tasemel, kui praegu ainekavades kirjeldatakse.

Alljärgnevas tabelis esitatakse õppekava „Sõjaväeline juhtimine maaväes“ õpiväljundid ning nende tasemed Bloom-i järgi.

Tabel 1. Õppekava „Sõjaväeline juhtimine maaväes“ tehnoloogia õppega seotud õpiväljundid. Kolmas ja neljas õpiväljund on otseselt tehnoloogiaõppega seotud

ÕPPEKAVAST „SÕJAVÄELINE JUHTIMINE MAAVÄES“	
Õpiväljund [2]	Tase Bloom-i järgi
Õppur on võimeline juhtima rühma- ja kompaniisuurust üksust rahu- ja sõjaaja tingimustes.	Loomisoskus
Õppur on omandanud teadmised ja oskused rühma tasemel väljaõppe korraldamiseks, läbiviimiseks ning hindamiseks .	Hindamisoskus
Õppur on vastavalt spetsialiseerumisele võimeline tegutsema relvaliigi asjatundjana kuni pataljonisuuruses üksuses.	Rakendusoskus
Õppur tunneb ja oskab kasutada jalaväerühma ning spetsialiseerumisjärgse relvaliigi varustust ja relvastust.	Rakendusoskus
Õppur omab ülevaadet kaitseväe- ja tsiviilstruktuuride koostööpõhimõtetest ning teenistusest rahvusvahelises töökeskkonnas.	Teadmine
Õppur on kursis sõjanduse arengu erinevate aspektidega, tunneb vastavaid mõisteid, seaduspärasusi ning erinevate teadus- ja tehnikasaavutuste rakendusvõimalusi sõjapidamises. Oma ülevaadet sõjapidamisest kui kogu ühiskonda ja selle erinevaid valdkondi hõlmavast tegevusest.	Teadmine
on võimeline eesti keeles ja vähemalt ühes võõrkeeles mõistma ja selgitama oma taseme töövaldkonnaga seotud küsimusi suulises ja kirjalikus vormis.	Mõistmine
oskab oma teenistusülesannete täitmiseks kohaseid meetodeid ja vahendeid kasutades iseseisvalt informatsiooni koguda, seda kriitiliselt ja loovalt tõlgendada ning vormistada tulemused nõuetekohaseks uurimistööks.	Mõistmine
oskab ühiskondlikke ja eetilisi aspekte arvestades hinnata enda kui sõjaväelise juhi rolli ja oma tegevuse tagajärgi ühiskonnale.	Hindamine
on võimeline ennast iseseisvalt täiendama ning jätkama õpinguid.	Loomisoskus

Alljärgnevas tabelis esitatakse ainekava „Matemaatilised modelid sõjanduses“ õpiväljundid ning nende tasemed Bloom-i järgi.

Tabel 2. Ainekava „Matemaatilised modelid sõjanduses“ õpiväljundid

AINEKAVAST „MATEMAATILISED MUDELID SÕJANDUSES“	
Õpiväljund [20]	Tase Bloom-i järgi
Õppur kasutab vektorarvutuse põhimõtteid.	Rakendusoskus
Õppur oskab uurida ühe- ja kahemuutuja funktsioone ning kasutada neid eluliste nähtuste modelleerimisel matemaatiliste mudelite abil.	Rakendusoskus
Õppur lahendab tegevuse planeerimisel maastikul analüütilise geomeetria teoreetilisi ülesandeid.	Rakendusoskus
Õppur oskab MS Exceli koostada ühemuutuja funktsioonide graafikuid ja kahemuutuja funktsioonide pindasid.	Rakendusoskus
Õppur kasutab tõenäosusülesandeid tõhusa tegevuse prognoosimisel teenistuses.	Rakendusoskus
Õppur suudab esilekerkivate tehniliste probleemide lahendamisel kasutada integraal- ning diferentsiaalarvutust.	Rakendusoskus

Alljärgnevas tabelis esitatakse ainekava „Füüsika rakendused maaväes“ õpiväljundid ning nende tasemed Bloom-i järgi.

Tabel 3. Ainekava „Füüsika rakendused maaväes“ õpiväljundid

AINEKAVAST „FÜÜSIKA RAKENDUSED MAAVÄES“	
Õpiväljund [21]	Tase Bloom-i järgi
Õppur kasutab füüsika teoreetilisi mudeleid ja valemeid praktiliste, maaväega seotud ülesannete lahendamiseks, kasutades graafilisi- ja arvutusmeetodeid.	Rakendusoskus
Õppur mõistab, kuidas kasutada Kaitseväes olevaid mehaanilisi, optilisi ja elektriseadmeid otstarbekalt ja ohutult.	Mõistmine
Õppur planeerib ja sooritab iseseisvalt vajalikke katseid, tehes vajalikke mõõtmisi, hinnates mõõtemääramatust ja selle tekkepõhjuseid, ning oskab vastavaid aruandeid korrektselt vormistada.	Sünteesimisoskus
Õppur kogub esilekerkivate tehniliste probleemide lahendamiseks asjakohast ja usaldusväärset infot, hindab leitud infot kriitiliselt ning oskab korrektselt viidata infoallikale	Hindamisoskus
Õppur kavandab reaalteaduslike probleemide lahendamisel tõhusat meeskonnatööd.	Sünteesimisoskus

3.3 Vajalikud teadmised, oskused ja hoiakud füüsikas ja matemaatikas sõjatehnoloogiate mõistmiseks

3.3.1 Teadmised füüsikas

Erinevate tehnoloogiateemade füüsikalise tausta määramise teeb keeruliseks, et pea iga tehnoloogia on sisuliselt seotud mõne teisega, milleta ta ei eksisteeriks. Niimoodi arutledes võib jõuda tõdemuseni, et ühe tehnoloogia mõistmiseks on vaja kõiki teisigi vallata. Kõrgema taseme arusaama jaoks on see muidugi möödapääsematu, aga esmase minimaalse mõistmise saavutamiseks võib teatud määrani käsitleda igat teemat kui eraldiseisvat, olles kui vaakumis, iseseisev teistest.

Tulenevalt eelnevast tehti järgnev eeldus: konkreetse tehnoloogia mõistmiseks vajaliku minimaalse teadmiste komplekti määravad need füüsika teemad, millel antud tehnoloogia otseselt baseerub ning teised teemad, mis tehnoloogia mõistmist kaugemalt toetavad, võib kõrvale jätta esmases lähenduses.

Tabel 4 toob välja erinevate sõjatehnoloogia teemade sõltuvuse füüsikast (kogu tabeli leiab lisast 1). Analüüsi sisendiks olnud tehnoloogia teemade nimekiri saadi KVÜÕA loodus- ja täppiseaduste ülema poolt antud esmasest tehnoloogiaõppe visioonist. Füüsika alateemade nimekiri valiti nõnda, et põhisuunad oleksid kaetud kaalutlusel, et liiga suur detailsus muudab mahuka tabeli loetamatuks. Seega saadud teemade nimekirja ei tohi kindlasti võtta kui lõplikku, see on loodud andma kiire ülevaate, mille abil on lihtsam õpet planeerida ja konkreetseid õppematerjale koostada. Samuti on see esmaseks kaardistavaks abimaterjaliks edaspidise sisulise kavanduste tegemiseks.

Vajalik teadmiste ja oskuste tase füüsikas tuleb määrata samaselt õppekava väljundis nõutud tehnoloogia tundmise tasemega, milleks on rakendusoskus. Ühelt poolt rakendusoskus tähendab vajalike teadmiste omamist, mõistmist ning oskust neid rakendada, teisalt lisaks valdkonna spetsiifilistele teadmistele tuleb osata rakendada muid teadmisi, ilma milleta on võimatu antud teemat mõista, mis seega on eeldusteks. Järelikult võib öelda, et kui eesmärk on vallata tehnoloogia teemasid rakendusoskuse tasemel, siis sama tase on vajalik ka eelduseks olevatel füüsikateemadel.

Tabel 4. Tehnoloogia ja füüsika teemade seotus. Kogu tabeli nägemiseks vt lisa 1

	Informatsiooni edastamise tehnoloogiad	Konventsionaalne energia tootmine, transport ja ladustamine	Sensortehnoloogiad	Maismaa platvormid	Õhuplatvormid	Mereplatvormid	Materjalide tehnoloogiad	Peite tehnoloogiad	Asukoha andmete kogumine ja haldamine	CBRN relvad ja kaitse		
Mehaanika		F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Elekter ja magnetism	F	F	F			F	F	F	F	F	F	F
Optika	F	F				F			F	F		
Termodünaamika		F		F	F	F	F				F	
Mikromaailma füüsika		F	F				F				F	
Metroloogia	F	F	F				F	F	F	F	F	F
Koordinaadid, taustsüsteem. Liikumine: translatsioon, rotatsioon, deformatsioon. Matemaatiline liikumise kirjeldamine.				F		F	F	F				F
Newtoni seadused. Elastsusjõud. Hõõrdejõud. Inertsjõud. Töö, energia, kineetiline ja potentsiaalne energia, võimsus. Jõumoment, inertsimoment, impulsimoment. Üleslükkejõud, tihedus.		F	F	F	F	F	F	F	F	F		
Võnkumine ja lained. (Heli)Rõhk. Piki- ja ristlained. Interferents ja difraktsioon.	F	F			F		F	F				
Merefüüsika, hüdrodünaamika.		F					F	F				
Atmosfäärifüüsika.	F	F		F			F	F				
Potentsiaal ja pinge, vool, takistus. Ohm'i seadus.												
Alalis- ja vahelduvvool, 3-faasiline vool.	F	F	F			F		F	F	F		
Kehade mahtuvus ja induktiivsus. Elektromagnetiline induktioon.	F	F	F			F		F	F	F		
Magnetväli. Elektromagnetvõnkumised.	F	F				F		F		F		
Elektromagnetlainete skaala. Spektraalparameetrid (lainepikkus, sagedus jms).	F	F				F	F	F	F	F	F	
Raadio-, radari-, sonariteooria.	F	F				F	F	F	F	F	F	F
Valguse teke, levik ja neeldumine. Aine optiliste omadused.												
Valguse peegeldumine ja murdumine.	F	F							F	F		
Valguse vastastikmõju ainega. Fotoefekt. Soojuskiirgus ja luminesents.	F	F							F	F		
Temperatuur ja soojus. Molekulaarkineetilise teooria alused. Termodünaamilised protsessid.				F	F	F	F				F	
Soojusjuhtivus, konvektsioon ja soojuskiirgus.		F		F		F	F		F	F		
Tuumaprotsessid ja -reaktorid. Tuumakiirgused ja nende bioloogiline toime.		F	F				F				F	

3.3.2 Teadmised matemaatikas

Matemaatika vajaduste määramine erinevate füüsikavaldkondade ja tehnoloogia mõistmiseks on vägagi sõltuv inimesest, kes seda teeb. Ühelt poolt saab öelda, et sõjaväelane ei vaja rohkem oskusi kui numbrite valemissse panemist, et töö saaks tehtud ja seade saaks rakendatud (nt Johannes Kerti sõnul saab sõdur hakkama lihtsa aritmeetikaga [3]). Teisalt võib vaielda, et mõista üht seadet, selleks tuleb mõista põhjalikult tehnoloogiat selle taga, füüsikat tehnoloogia taga ja sama hästi matemaatikat kõige tipuks, mis kipub sõdurile keeruliseks minema ja ohvitseriõppes üle jõu käima.

Tõde peitub tõenäoliselt nende kahe vaatevinkli vahel, reamees või ohvitser peab saama töö tehtud, aga lisaks oma relvade kasutusoskusele peab ta suutma rakendada füüsikalist ja matemaatilist mõtlemist, et hinnata erinevate teguviiside ja relvade efektiivust ning tagajärgi saavutamaks parima tulemuse. Kui füüsikas on leitud minimaalne teadmiste tase kui rakendusoskus, siis järelikult peab olema matemaatikaoskuse minimaalne tase samuti rakendusoskus, sest vastasel juhul tekivad olukorrad, kus puuduvad matemaatilised oskused, et osata rakendada füüsikat.

Tabel 7 toob välja erinevate sõjatehnoloogia teemade sõltuvuse matemaatikast (kogu tabeli nägemiseks vt lisa 1). Uurimuses sai matemaatika alateemad jaotatud järgnevalt viieks alarühmaks: aritmeetika, algebra, tõenäosusteooria, geomeetria ja kõrgem matemaatika. Eesmärk oli erinevad valdkonnad eristada nõnda, et oleks võimalik luua pilt sellest, mis matemaatikasuundi tehnikasuunad katavad ning määrata ligikaudu minimaalsed teadmised valdkonna kaupa, et seda mõista.

Samamoodi nagu füüsika tabeli koostamisel arvestati ka siin, et kui minna liiga detailseks kõigi suundade ja alateemade kirjeldamisel, siis muutub tabel loetamatuks. Tulemuseks saadud tabel on mõeldud andma kiiret ülevaadet õppejõule, kes on õppematerjale ette valmistamas ja õpet kavandamas.

Tabel 5. Tehnoloogia ja matemaatika teemade seotus. Kogu tabeli nägemiseks vt lisa 1

		Informatsiooni edastamise tehnoloogiad	Sensortechnoloogiad	Konventsionaalne relvatehnoloogia	Maitsmaa platvormid	Õhuplatvormid	Mehitamata platvormid	Materjalide tehnoloogia	Peite tehnoloogiad	CBRN relvad ja kaitse	Asukoha andmete kogumine ja haldamine				
Aritmeetika	Aritmeetika. Liitmine, lahutamine, korrutamine, jagamine.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Algebra	Elementaar-algebra. Tundmatu. Võrrandid. Ruutvõrrand. Võrrandsüsteemid, maatriksalgebra.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Ühe/kahe muutuja funktsioonid ja graafikud.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Töenäosus	Töenäosus		M		M	M								M	
Geomeetria	Geomeetria. Vektorid.		M		M	M	M	M	M	M	M			M	
	Trigonomeetria.		M					M				M		M	
	Ristkoordinaadid, polaarkoordinaadid, silindrilised koordinaadid, sfäärilised koordinaadid.		M					M						M	
Kõrgem matemaatika	Piirväärtus, tuletis, osatuletis. Diferentsiaal. Funktsiooni uurimine tuletise abil.		M	M											M
	Integraal. Algfunktsioon, määratamata integraal, integraali omadused, ositi integreerimine, määratud integraal.		M	M											M
	Diferentsiaalvõrrandid. Füüsikaline tähendus.							M	M						M

3.3.3 Sõjatehnoloogia teemade seotus matemaatika ja füüsikaga

Antud töö üks põhieesmärke oli pakkuda välja matemaatika- ja füüsikaõppe vajadused KVÜÕAs, mis leiti eelnevalt selles peatükis. Lisas 1 on ühendatud eelnevad osad üheks, et tehnoloogia teemade kaupa saaks korraga ülevaate matemaatika ja füüsika teemadest. Lisas 2 on toodud sõjatehnoloogia teemade ja nende alateemade seotus füüsika ja matemaatikaga. Tabelis 6 on toodud näitlikustav väljavõte antud tabelist.

Tabel 6. Näide tehnoloogia, matemaatika ja füüsika teemade seotusest. Kogu tabeli nägemiseks vt lisa 1

		Informatsiooni edastamise tehnoloogiad	Sensortehnoloogiad	Konventsionaalne relvatehnoloogia	Energia tootmine, transport ja ladustamine	Maismaa platvormid	Õhuplatvormid	Mereplatvormid	Materjalide tehnoloogia	Peite tehnoloogiad	CBRN relvad ja kaitse	Asukoha andmete kogumine ja haldamine
MATEMAATIKA												
Aritmeetika	Aritmeetika. Liitmine, lahutamine, korrutamine, jagamine.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Algebra	Elementaar-algebra. Tundmatu. Võrrandid. Ruutvõrrand. Võrrandsüsteemid, maatriksalgebra.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Ühe/kahe muutuja funktsioonid ja graafikud.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Töenäosus	Töenäosus		M		M	M						M
Geomeetria	Geomeetria. Vektorid.		M		M	M	M	M		M	M	M
	Trigonomeetria.		M					M			M	M
	Ristkoordinaadid, polaarkoordinaadid, silindrilised koordinaadid, sfäärilised koordinaadid.		M					M				M
Kõrgem matemaatika	Piirväärtus, tuletis, osatuletis. Diferentsiaal. Funktsiooni uurimine tuletise abil.		M	M								M
	Integraal. Algfunktsioon, määramata integraal, integraali omadused, ositi integreerimine, määratud integraal.		M	M								M
	Diferentsiaalvõrrandid. Füüsikaline tähendus.							M	M			M
FÜÜSIKA												
Mehaanika			F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Elekter ja magnetism		F	F	F			F	F		F	F	F
Optika		F	F				F			F	F	
Termodünaamika			F		F	F	F	F				F
Mikromaailma füüsika			F	F					F			F
Metroloogia		F	F	F				F	F	F	F	F
Mehaanika alateemad												
Mehaanika	Koordinaadid, taustsüsteem. Liikumine: translatsioon, rotatsioon, deformatsioon. Matemaatiline liikumise kirjeldamine.				F		F	F	F			F
	Newtoni seadused. Elastsusjõud. Hõõrdejõud. Inertsjõud. Töö, energia, kineetiline ja potentsiaalne energia, võimsus. Jõumoment, inertsimoment, impulsimoment. Üleslükkejõud, tihedus.		F	F	F	F	F	F	F	F		F
	Võnkumine ja lained. (Heli)Rõhk. Piki- ja ristlained. Interferents ja difraktsioon.	F	F			F		F	F			
	Merefüüsika, hüdrodünaamika.		F						F	F		
	Atmosfäärifüüsika.	F	F		F			F	F			
Elektri ja magnetismi alateemad												
Elekter ja magnetism	Potentsiaal ja pinge, vool, takistus. Ohm'i seadus.											
	Alalis- ja vahelduvvool, 3-faasiline vool.	F	F	F			F		F	F	F	
	Kehade mahtuvus ja induktiivsus.											
	Elektromagnetiline induktioon.	F	F	F			F		F	F	F	
	Magnetväli. Elektromagnetvõnkumised.	F	F				F		F		F	

Saadud tabeli lugemisel tuleb silmas pidada, et

- a) vajadused on määratletud kui minimaalsed teadmised, mis aitavad konkreetset tehnoloogiat mõista;
- b) matemaatika ja füüsika alamteemade nimekiri on piiratud kaalutlusel, et suurem detailsus muudab tabeli raskemini loetavaks, seega alateemade nimekirja tuleks võtta kui suunavat;
- c) tehnoloogia teemad on võetud esmasest tehnoloogiaõppe kaardistusest, kus ei ole veel koostatud sisu välja pakutud teemadele, seega seoste määramine on umbkaudne ja selgineb, kui hakatakse materjale koostama.

Koostatud tabel peaks hõlbustama füüsika- ja matemaatikaõppes õpiväljundite määramist ning nende õpetamist (või sõjaväelasele huvitavaks tegemist) läbi erinevate tehnoloogiateemade käsitlemise.

Intervjuudes KVÜÕA füüsika- ja matemaatikaõppejõududega selgus, et autori poolt kõige esimesena välja pakutud matemaatika ja füüsika teemade jaotus oli enamasti pädev. Sealjuures õppejõud pakkusid välja omapoolseid täpsustusi ja korrekture, mis enamasti olid seotud teemade järjekorra ja sõnastuse muutmisega ning samuti pakuti välja mõne keerulise kontseptsiooni eemaldamist, mis kõik võeti arvesse. [14, 15]

Õppejõud arvasid, et kolme aastaga, mis on KVÜÕAs maaväe põhikursuse nominaalkestus, on keeruline omandada kõiki välja pakutud tehnoloogia-, matemaatika- ja füüsikateadmisi ja oskusi piisaval tasemel. Arvati, et kui õpetada matemaatikat või füüsikat puhtalt läbi tehnoloogiakursuste, siis võib õpe jääda liiga pinnapealseks või kui süvenetakse rohkem, siis ei jõuta tehnoloogiaõppega piisavalt edasi. Võttes arvesse omandatava materjali hulka ja arvestades praegust matemaatika- ja füüsikaõppe mahtu, kumbki 3 EAP, arvavad mõlemad õppejõud pigem, et antud ainete õpetamiseks võiks olla rohkem aega. [14, 15]

Minimaalset oskuste ja teadmiste taset hindasid mõlemad õppejõud Bloom-i taksonoomia järgi rakendusoskuseks. Füüsikaõppejõud tõi välja, et mõne teema puhul (nt optika) on tihti aega ainult ühes loengus seda käsitleda, mille tõttu süviti ei saa teemat õpetada, vaid saab anda esmaseid teadmisi. Heaks tasemeks, milleni õppurid võiksid õppekava lõpetades jõuda, hindas matemaatikaõppejõud sünteesi- või hindamisoskust, kuna õppurid, kes on tulevased sõjaväelised juhid, peavad suutma analüüsida ja lahendada keerulisi probleeme. [14, 15]

Mõlemad õppejõud hindasid, et selline ristanalüüs võib aidata neid õppematerjalide ja ülesannete planeerimisel, et siduda teemad, näited ja näidisülesanded militaarvaldkonnaga paremini, mis teeks õppuritele õppetöö huvitavamaks. Teisalt tõi füüsikaõppejõud välja, et kui tulevikus oleks digitaalne sõjatehnoloogia õpik, kus iga tehnoloogiateema juures on viidatud füüsikalisele taustale, siis see võiks aidata õppuritel kergemini omandada füüsikateadmisi ja füüsikaalaselt paremate teadmistega õppurid saaksid omas tempos edasi minna, ilma et peaksid ootama teiste järel. [14, 15]

Ülaltoodule toetudes, võib pakkuda, et ainekavade koostamisel, kas siis tehnoloogia-, füüsika- või matemaatikaõppes, vaadataks, kus nende kolme valdkonna erinevad teemad kattuvad ning kavandaks selle alusel lõimitud õppetööd, nt seotakse probleemülesannete lahendamine aktuaalsete teemadega.

Samuti võib pakkuda, et kui hakatakse tehnoloogiaõppeks materjale koostama, siis iga tehnoloogia juures kas korrataks füüsikalist või matemaatilist tausta või viidataks sellele.

3.4 Praeguste ainekavade kattuvus

Kõrvutades eelnevalt leitud vajadusi praeguste matemaatika ja füüsika õppeainete „Füüsika rakendused maaväes“ ja „Matemaatilised mudelid sõjanduses“ ainekavadega selgub, et vajalikud teadmised nii matemaatikas kui ka füüsikas on enamjaolt juba ainekavades olemas. Kuigi on üks valdkond, mida ei ole üldse füüsikaõppes esindatud – mikromaailma füüsika, mida on tarvis, et mõista tuumarelvade tööpõhimõtteid ja mõju. Ainekavade kattuvus on töötud tabelites 7 ja 8.

Füüsikaõppes on mitmed teemad, mille kohta ei saa ainekavast selgust, kas see on kaetud või mitte kuna õppeväljundid on sõnastatud üldsõnaliselt. Teisalt nii mõnegi teema puhul, mil on selge, et aines „Füüsika rakendused maaväes“ seda ei kaeta on teema kaetud mõnes erialases aines (nt raadiote tööpõhimõtted e raadioteooria on tõenäoliselt kaetud aines „Sideõpe“).

Matemaatikaõppes ei selgu, kas diferentsiaalvõrrandeid või trigonomeetriat kaetakse. Samuti ei sisalda õppekava konkreetselt aritmeetika kordamist, kuid elementaarne aritmeetika oskus soraval tasemel peaks igal kõrgkoolis õppijal olemas olema.

Alljärgnevana tabelina esitatakse füüsikaõppe vajadused ja kattuvuse lühianalüüs.

Tabel 7. Füüsikaõppes kaetud teemad ja kattuvus vajadustega. Roheline –vajadus on kaetud, kollane – ainekavas ei ole täpselt sõnastatud või on osaliselt kaetud, valge – vajadus on katmata või puuduvad andmed

FÜÜSIKA AINEKAVADE KATTUVUS		
Teema	Kattub?	Praegu õpetatakse
Mehaanika		Liikumine, kiirus, kiirendus. Mass. Newtoni seadused. Töö, energia, võimsus. Energia jäävuse seadus.
Elekter ja magnetism		Elekter. Ohm'i seadused. Voolu töö ja võimsus. Jada- ja rööpühendus. Vooluallikad. Probleemülesannete lahendamine. Rühmatöö "Elektromagnetlainete spekter"
Optika		Optika
Termodünaamika		Soojusfüüsika.
Metroloogia		Füüsikalised suurused, mõõtmine ja mõõtevead. Mõõtteeksperimenti läbiviimine ja protokollide vormistamine. Laboratoorse töö läbiviimine ja aruande koostamine.
Mikromaailma füüsika		

Alljärgnevana tabelina esitatakse matemaatikaõppe vajadused ja kattuvuse lühianalüüs.

Tabel 8. Matemaatikaõppes kaetud teemad ja kattuvus vajadustega. Roheline –vajadus on kaetud, kollane – ainekavas ei ole täpselt sõnastatud või on osaliselt kaetud, valge – vajadus on katmata või puuduvad andmed

MATEMAATIKA AINEKAVADE KATTUVUS		
Teema	Kattub?	Praegu õpetatakse
Aritmeetika		
Algebra		Ühe muutuja funktsioonid ja graafikud Kahe muutuja funktsioonid ja pinnad. Piirväärtuse mõiste ja rakendamisvõimalused.
Tõenäosus		Tõenäosusteooria.
Geomeetria		Vektor. Vektorarvutus.
Kõrgem matemaatika		Funktsiooni diferentseerimine ja tuletise leidmise omadused. Funktsiooni uurimine lähtuvalt tuletise omadustest ning reaalelulisest aspektist ja vajadusest. Integraal. Algfunktsioon, määramata ja määratud integraal, omadused, ositi integreerimine.

4 Efektiivne õpetamine

4.1 Õpetamine rakenduskõrgkoolis

Kõrgkoolides läbi viidud uuringust selgub, praktik-õppejõududel (nagu KVÜÕAs reeglina on) on väga hea kutsealane ettevalmistus ning kõrge motivatsioon õpetada, kuid nende ettevalmistus õpetamistööks võib olla tagasihoidlik, õppehoiakud on pigem õppejõukesksed – jagades infot ja kogemust ning eelistades õppetöös klassikalist loengut. Samas ollakse valmis arendama oma õpetamisoskusi ning rakendama õppijakeskseid meetodeid, takistusteks on vaid ettevalmistus. [12]

Katri Kütti ja Tõnis Männiste läbi viidud uuringust „Kadettide arusaamad õppimisest ja õpetamisest“ selgub, et kadetid näevad õppimist enamasti kui passiivset protsessi. Õppimist nähakse õpetajakesksena, kus õpetaja on info edastaja ja õppur on passiivne, kuna varasemas elus enamasti nii seda on kogetud. Samas kirjeldatakse efektiivset õppimist hoopis kui õppijakeskset õppimist, kus õppur saab ise aktiivselt osaleda ning läbi selle omandada teadmised ja oskused. [7]

KVÜÕAs läbi viidud uuringutest aastatel 2003-2015 selgub, et tänapäeva õppija ootab rohkem kaasamist õppetöösse, eelistatakse aktiivset õpet kasutades interaktiivseid vahendeid traditsioonilisele loengule, oodatakse et õppeprotsessi juhib pühendunud ja inspireeriv õppejõud, kes annab põhjalikku ja asjakohast tagasisidet [10], soovitavalt kujundava hindamise teel, enne hindamist soovitakse konkreetsete kriteeriumite esitamist [11].

Õpilased leiavad, et õppimise motivatsioonile on toeks rakenduslikud ülesanded, ekskursioonid TÜ füüsikalaborisse, teooria ja praktika sidumine, elektroonilised õppematerjalid ja jooksvad enesekontrollid. [9]

Selgub, et füüsika õpetamise efektiivsus on suurem aktiivõppemeetodite puhul, nagu näiteks laboritööd ja probleemõpe. Harjutusülesannete puhul on kõige efektiivsemad sõjaväelastele huvipakkuvad hajusandmetega ülesanded või probleemid, kus ülesande lahendamine nõuab loovust. [9, 8]

4.2 Efektiivsete õppemeetodite määratlemine KVÜÕA kontekstis

Võttes aluseks, et enamasti füüsika ja matemaatika nõutav tase on rakenduoskus, siis tuleb arvestada, et lisaks teadmiste edastamisele on vaja õpetada oskusi.

Kuna on soov ühendada kolm erinevat valdkonda – füüsika, matemaatika ja tehnoloogia –, tuleb valida meetodid, mis lubavad laiemat haaret. Meetodite valikul on piiranguks, et õppurid on rohkem motiveeritud, kui kasutatakse õppijakeskseid meetodeid, kus saab aktiivselt osaleda ja tegeletakse huvipakkuvate erialaga seotud ülesannetega, mis nõuavad loovust. [7, 8]

Vähem atraktiivsed meetodid õppijale on traditsiooniline ülesannete lahendamine, kus on antud selge eesmärk ning vastav arv sisendeid ning lahendaja peab vaid valemit teadma, samuti loeng, millest on raske mööda saada, kui on vaja teadmisi edasi anda. Soovitatav on kasutada traditsioonilise loengu asemel suhtluspõhist loengut, arutelusid seminarides, laboritöösid, erinevaid rühmatöömeetodeid (nt probleemõpe, projekt, suminarühmad) [13], traditsiooniliste ülesannete asemel kasutada hajusandmetega ülesandeid (vt kaheosaline ekvivalentsmeetod uurimuses „Hajusandmetega ülesannete roll“ [8]).

Raamat „Õppimine kõrgkoolis“ [13] annab laialdase ülevaate paljudest erinevatest õppetöö võtetest, mida saab kasutada, et saavutada soovitud väljundeid efektiivsemalt ja mitmekesisista õppeprotsessi. Tabelis 9 on välja toodud mõned meetodid ning nende iseloomulikud jooned ning juurde on lisatud rakendusnäiteid, kuidas kasutada neid KVÜÕAs.

Kui eesmärgiks on füüsika ja matemaatika õpetamine, siis peaks õppe planeerimisel ja läbiviimisel õppejõud silmas pidama tehnoloogia teemasid, mis soovitud füüsika ja matemaatika teemadega käivad koos, et teha seda õppurile huvitavaks.

Näiteks kui on soov õpetada elektromagnetspektrit ja luminesentsi, siis siduda see katsetega, kus vaadeldakse erinevaid ained erinevates valgustustes (nt tavalist valget kangast ja pesupulbrit, milles leidub lisanditena luminofoore, mis ergastuvad UV toimel ja kiirgavad nähtavas spektris). Seejärel võib anda lahendada probleemi, kus õppurid peavad vaatlema erinevaid objekte (nt maskeeritud ja maskeerimata sõdur) kasutades öövaatlusseadet ning esitama raporti, kus tuleb selgitada vaatlusi ning sealhulgas öövaatlusseadmete tööpõhimõtteid.

Tõenäoliselt on selline protsess õppurile huvitavam kui traditsiooniline akadeemiline loeng, mis keskendub füüsikalisele nähtusele ja teoreetilisele selgitusele. Kasutades oma tulevases töös vajalikku tehnoloogiat ning lahendades erialaseid ehk antud juhul sõjaväelisi probleeme on õppur tõenäoliselt paremini motiveeritud õppima ja iseseisvalt lahendusi leidma.

Tabel 9. Õppejõu- ja õppijakesksete meetodite tugevused, nõrkused ning nende rakendatavuse näited (koostatud M. Karm „Õppimine kõrgkoolis“ ja Ganina, Voolaid „Hajusandmetega ülesannete roll füüsikaõppe efektiivsuse tõstmisel“ alusel)

ÕPPETÖÖ VÕTTED		
Meetod	Iseloomulikud jooned [13]	Rakendusnäide
Akadeemiline loeng	Teadmiste omandamine, arusaamine mõistmine, individuaalne, aeganõudev.	Suure hulga materjali edastamine, milles õppurilt eeldatakse faktide omastamist, teadmist ja mõistmist. Näiteks loeng andmaks ülevaate laserist: ajalugu, ehitus, tööpõhimõtted, rakendused.
Suhtluspõhine loeng	Teadmiste omandamine, arusaamine, mõistmine, aeganõudev, individuaalne või rühmas	Uue informatsiooni edastamine koos üliõpilasi kaasavate meetoditega: hajusandmetega ülesannete lahendamine, kokkuvõtete kirjutamine, suminarühmade kasutamine. Näiteks liikumise, Newtoni seaduste, kineetilise energia selgitamine ning seal juures AK-4 kuuli kineetilise energia leidmine ja jõu arvutamine, millega kuul sihtmärki mõjutab.
Probleemõpe	Teadmiste omandamine, analüüsioskus, teadmiste rakendamine, eneseanalüüs, aeganõudev, individuaalne või rühmas	Projekti või uurimuse läbiviimine, kus on vajalik õppurite iseseisev lahenduste otsimine ning uute teadmiste ammutamine. Näiteks seada grupile pikemaajaline eesmärk välja uurida, kuidas looduses kõige efektiivsemalt maskeerida inimesi ja tehnikat palja silma ja öövaatlusseadmete või valgusvõimendite eest; samuti millised materjalid ja miks töötavad kõige paremini. Sealhulgas tuleb korrektselt läbi viia katsed erinevate seadmete ja materjalidega.
Suminarühm	Arusaamine, mõistmine, lühivõtte, rühmas	3-6 minutit väikeses rühmas arutelu loengus ette tulnud teema/probleemi üle.
Kokkuvõtte kirjutamine	Teadmiste omandamine, arusaamine, mõistmine, seoste loomine, lühivõtte, individuaalne	Pärast loengut või seminari kokkuvõtte arutatud teemadest (ja järelduste tegemine – vastavalt õppejõu juhistele).
Juhtumi analüüs	Analüüsioskus, teadmiste rakendamine, eneseanalüüs, lühivõtte, aeganõudev, individuaalne või rühmas	Õppuritele antakse koduse tööna tutvumine militaarvaldkonnaga seotud juhtumiga, hiljem toimub diskussioon.

5 Ettepanekud

5.1 Ettepanekud tehnoloogia-, füüsika- ja matemaatikaõppe arendamiseks

Lähtudes käesoleva uurimistöö eesmärkidest ja analüüsist ning intervjuudest saadud tulemustest võib pakkuda järgmist:

- a) ainekavade koostamisel, kas siis tehnoloogia-, füüsika-, või matemaatikaõppes, vaadataks, kus nende kolme valdkonna erinevad teemad kohtuvad ning plaanitaks selle alusel õppetööd, nt seotakse probleemülesannete lahendamine aktuaalsete teemadega (vt ptk 3.3 „Sõjatehnoloogia teemade sõltuvus matemaatikast ja füüsikast“);
- b) tehnoloogia aine õpetamise planeerimisel õppejõud koostaks(id) sisulised ning korrigeerimist vajavad ka matemaatika ja füüsika õpiväljundid, mis on selle tehnoloogiaga seotud (vt ptk 5.2 „Õpiväljundite määratlemine tehnoloogiaõppes“);
- c) kui hakatakse tehnoloogiaõppeks materjale koostama, siis iga tehnoloogia juures kas seletatakse/kordaks füüsikalist või matemaatilist tausta või viidataks sellele;
- d) õppejõud eelistaks õppijakeskseid meetodeid traditsioonilistele õppejõukesksetele meetoditele (vt ptk 4.2 „Efektiivsete õppemeetodite määratlemine“);
- e) probleemülesannete lahendamisel kasutatakse erialaseid probleeme;
- f) füüsikanähtusi õpetatakse esmajoonel läbi erialaste probleemide lahendamise, mille käigus omandatakse ka matemaatikateadmised lisaks füüsikalistele ja tehnoloogilistele teadmistele.

Käesolev töö on kui alusuuring, mis toob natuke selgust tehnoloogiaõppe arendusse ja pakub välja mitmete töomahukate meetmete rakendamist. Siinkohal, et teha rohkem ja vähem tähtsamatel ettepanekutel vahet ning et leida konkreetne koht olemasoleva töö tulemuste rakendamiseks, võib teha ettepaneku, et kui hakatakse tehnoloogiaõppe materjalide koostama, siis võetaks arvesse siin töös saadud tulemusi nõnda, et lisaks tehnoloogiat selgitavale tekstile on materjalides konkreetse tehnoloogiaga seotud füüsikalised nähtused ära seletatud selles samas kontekstis. Võimaluse korral peaks olema ka välja pakutud eksperimendid või ülesanded, mida huvitatud lugeja saab iseseisvalt proovida või mida õppejõud saab kasutada õpetamisel.

Kui KVÜÕA soov on lõimida paremini omavahel tehnoloogia-, matemaatika- ja füüsikaõpe, siis tõenäoliselt on kõige targem seda teha nõnda, et õppe kavandatakse nii, et valdkonnad on koos esitatud.

5.2 Õpiväljundite määratlemine tehnoloogiaõppes

Kui eesmärk on õpetada füüsikat ja matemaatikat mitte läbi akadeemiliste ainete vaid lõimituna tehnoloogiaõppega, siis lahendus on seda teha läbi teiste ainete, kus juba käsitletakse tehnoloogiat ning sellisel juhul tuleb väga täpselt määratleda, mida soovitakse õpetada, ning lõimida tehnoloogia- ja füüsika- ning matemaatikateemad omavahel. Selleks on tarvis määratleda selgelt, millised on lisateemad matemaatikas ja füüsikas, mida on vaja õpetada, kui käsitletakse mõnda tehnoloogiat. Järgnevalt tabelis 10 on toodud näide „Konventsionaalse relvatehnoloogia“ õpetamise kohta.

Tabel 10. Tehnoloogiateemade sidumine füüsika ja matemaatikaga

Tehnoloogia teema	Füüsika õpiväljundid	Matemaatika õpiväljundid	Õppemeetodid
Konventsionaalne relvatehnoloogia	Oskab rakendada füüsika seadusi, et leida kuuli kineetiline energia; valmistab ette ja viib läbi mõõtmised kuuli kineetilise energia määramiseks; selgitab laskemoonade erinevusi aerodünaamilistes omadustes; mõistab termodünaamika põhialuseid	Õppur... oskab kasutada ühe muutujaga funktsioone; arutleb mitme muutujaga funktsioonide üle; oskab kasutada osatuletist mõõtemääramatuse määramiseks	Suhtluspõhine loeng ja hajusandmetega ülesannete lahendamine loengus; laboritöö; rühmatööd loengutes probleemide lahendamiseks; projekt individuaal- või meeskonnatöona, kus tuleb käsitleda füüsikat ja matemaatikat; ...

Ühe võimalusena võib pakkuda välja, et tulevikus koostataks õppekava, kus vajalike füüsika- ja matemaatikateadmiste ja oskuste õpe on ära jagatud erinevate ainete vahel, kus käsitletakse tehnoloogiat, nõnda et ainekavades on lisaks tehnoloogia õpiväljunditele samuti määratud

matemaatika- ja füüsikateadmised ja oskused õpiväljunditena koos soovituslike õpetamismeetoditega.

Antud töö haarest välja jäänud hindamismeetodite analüüs tuleks samuti läbi viia, kui õpiväljundid on määratletud, kuna väljundipõhilise õpetamise viimane tähtis alustala meetodite ja õpiväljundite kõrval on hindamismeetodite valik, mis peab toetama õppemeetodeid ja õpiväljundeid.

Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli tuua välja konkreetsed võimalused füüsika, matemaatika ja sõjatehnoloogia õppe arendamiseks Kaitseväe Ühendatud Õppeasutustes ja seda nii temaatilisest kui ka didaktilisest aspektist lähtudes. Antud töö raames keskenduti KVÜÕAs õpetatavale erialale „Sõjaväeline juhtimine maaväes“.

Eesmärgi saavutamiseks püstitati järgnevad uurimisküsimused:

- Millised on Eesti Kaitseväe vajadused teadmiste ja oskuste järele füüsika ja matemaatika valdkonnas?
- Milline on loodus- ja täppisteaduste roll kehtivates KVÜÕA õppekavades?
- Kuidas on võimalik siduda loodus- ja reaallainete sisu tehnika ja tehnoloogia õpetamisega?
- Millised õppemeetodid on tõhusamad matemaatika, füüsika aj tehnoloogia õpetamisel õpiväljundite saavutamiseks?

Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks ja eesmärki täitmiseks otsustati järgmiste meetodite kasuks:

- analüüs vajaduste väljaselgitamiseks intervjuu alusel;
- kehtivate füüsika ja matemaatika ainekavade analüüs;
- õppemeetodite võrdlusanalüüs ja ettepanekute tegemine;
- koostatud mudelile hinnangu saamine eksperthinnangute alusel.

Töös uuriti,

- mis on nõutav teadmiste ja oskuste tase erialal „Sõjaväeline juhtimine maaväes“ tehnoloogia-, füüsika- ja matemaatikavaldkonnas;
- mis on vajalikud teadmised valdkonniti matemaatikas ja füüsikas, et mõista erinevaid tehnoloogia teemasid tulevikus, kui uuendatakse tehnoloogiaõpet. KVÜÕA eesmärk on arendada tehnoloogiaõpet ning sellega seoses on koostamisel uued õppematerjalid. Esmane väljapakutud tehnoloogiateadmiste kaardistus pakuti välja 2015. aasta kevadel, mis oli analüüsi sisendiks;
- kuidas vastab praegune matemaatika- ja füüsikaõpe tulevastele vajadustele;
- millised võiksid olla efektiivsed õppemeetodid KVÜÕA õppurite puhul. KVÜÕAs on alates 2003. aastast läbi viidud uuringuid füüsika õpetamisest, selle efektiivsusest ning

õppurite eelistatud õppimisviisidest. Kõrvutades neid teiste uurimustega Eestis, otsiti meetodeid, mida õppejõud peaksid eelistama teadmiste edasi andmisel;

- kuidas suhtuvad KVÜÕA matemaatika- ja füüsikaõppejõud saadud mudelisse.

Antud töö tulemusena

- valmis kaardistus vastavalt tulevasele tehnoloogiaõppele erinevate sõjatehnoloogia teemade matemaatika ja füüsikas taustast, mida saab kasutada edasise õppe planeerimisel ja õppematerjalide koostamisel;
 - sh määratleti matemaatika ja füüsika oskuste minimaalne nõutav tase Bloom-i taksonoomia järgi kui rakendusoskus;
 - saadud tabelid, mis lähevad kasutusse KVÜÕAs, on esitatud lisades 1 ja 2;
- leiti, et praegune matemaatika- ja füüsikaõpe katab võrdlemisi hästi juba tulevase vajadusi, kuigi kohati ainekavade järgi jäi arusaamatuks, kui sügavuti erinevatesse teemadesse süvenetakse;
- leiti, et KVÜÕAs peaksid õppejõud eelistatavalt kasutama õppijakeskseid õpetamismeetodeid ning suunati materjalidele, mis käsitlevad neid meetodeid;
- pakuti välja meetmeid, mida rakendada, et arendada edasi matemaatika-, füüsika- ja tehnoloogiaõpet KVÜÕAs;
- Pakuti välja, et õppevahendite koostamisel peaks siduma tehnoloogiaõppesse matemaatikateemad ja füüsikanähtused ühise komplektina nõnda, et läbi tehnoloogia õppimise ja erialaste probleemide lahendamise omandatakse samuti teadmised matemaatikas ja füüsikas.

Ülaltoodule tuginedes, võib väita, et käesoleva uurimistöö eesmärk on saavutatud.

Käesolev magistritöö valmis KVÜÕA ja TÜ koostöölepingu 2015-2019 raames.

Summary

The Role of Mathematics and Physics in Teaching of Military Technologies and Teaching Methodology in Estonian National Defence College

By Siim Kanne

The goal of this Master's thesis was to make proposals for developing the teaching, in particular the topics and didactics of mathematics, physics and military technologies in Estonian National Defence College (ENDC). This work focused on the field of study "Leadership Studies in Ground Forces" which is being taught in ENDC.

This study sought answers to following questions:

- What are the needs for knowledge and skills in physics and mathematics in Estonian Defence Forces?
- How is the study of natural sciences and mathematics integrated into current curricula in ENDC?
- How could natural sciences and mathematics be integrated with the study of technology?
- Which methods are more effective for teaching mathematics, physics and technology?

Following methods were used:

- Analysis based on interviews for finding the needs;
- Analysis of current curricula in physics and mathematics;
- Analysis of teaching methodology and making proposals;
- Getting an expert opinion for the proposed model.

This work investigated:

- The needed level of knowledge and skills in mathematics, physics and technologies in the field of study „Leadership Studies in Ground Forces“;
- The knowledge in mathematics and physics needed by field of technology to understand it;
- How current mathematics and physics curricula corresponds to the future needs;
- Which methods of teachings would be more effective in ENDC;

- How the lecturers of mathematics and physics in ENDC assess the proposed model.

As the result of this work:

- The physical and mathematical background of different military technologies were mapped, which can be used in the process of preparing study materials and study work;
 - Furthermore, the minimal level of skills needed in mathematics and physics according to Bloom was determined to be “application”;
 - The results which will be used in ENDC can be found in appendix 1 and 2;
- It was found that current curricula in mathematics and physics covers the future needs quite well;
- It was found that the teaching staff of ENDC should preferably use student-centered teaching methods;
- A variety of measures were proposed for developing the teaching of mathematics, physics and technology in ENDC;
- It was proposed that future study materials of technologies should be pieced together so that a technology and the underlying mathematics and physics are presented as an ensemble where through the study of technologies and solving relevant problems the students acquire physics and mathematics as well.

The proposed goals of this work were achieved.

This Master’s thesis was made in liaison with Estonian National Defence College and University of Tartu.

Kasutatud kirjandus

- [1] Kaitseväe Ühendatud Õppeasutuste Arengukava 2015-2020.
- [2] Sõjaväeline juhtimine maaväes - rakenduskõrghariduslik õppekava. Õppekava, Kaitseväe Ühendatud Õppeasutused.
- [3] Intervjuu Johannes Kertiga, veebruar 2015.
- [4] V. Raide, 2015. Esmased välja pakutud teemad tehnoloogiaõppeks. KVÜÕA.
- [5] Tehnika ja Tehnoloogia kasutamine Kaitseväes. Küsitlus, Eesti Kaitseväge, 2015.
- [6] A. Piirimees, S. Ganina 2014. Y-põlvkond on tulemas! Või juba olemas? Kogumikus "Tõhusa ja kaasahaarava õppe korraldamine kõrgkoolis", lk. 42-43.
- [7] K. Kütt, T. Männiste 2014. Kadettide arusaamad õppimisest ja õpetamisest. Kogumikus KVÜÕA toimetised 19, lk 103-126.
- [8] S. Ganinga, H. Voolaid 2008. Hajusandmetega ülesannete roll füüsikaõppe efektiivsuse tõstmisel. Kogumikus KVÜÕA toimetised 11, lk 150-160.
- [9] S. Ganinga, H. Voolaid 2007. Füüsikaõppe efektiivsus ja selle tõstmise võimalused. Kogumikus KVÜÕA toimetised 8, lk 106-126.
- [10] S. Ganina, A. Piirimees 2015. Kuidas tänapäeva tudeng õpib kõige paremini (KVÜÕA näitel)..
- [11] S. Ganina 2013. Väljundipõhine hindamine füüsikaainetes Kaitseväe Ühendatud Õppeasutuste näitel. Kogumikus KVÜÕA toimetised 17, lk 248-279.

- [12] E. Reva, M. Karm, L. Lepp, M. Remmik 2014. Praktikute-õppejõudude õpetamisarusaamad rakenduskõrgkoolis. Eesti Haridusteaduste Ajakiri, nr 2(2), 116–147.
- [13] M. Karm 2013. Õppemeetodid kõrgkoolis. SA Archimedes.
- [14] Intervjuu Reelika Suvistega, mai 2015.
- [15] Intervjuu Peeter Kukega, mai 2015.
- [16] Lankshear C., Knobel M. 2004. A Handbook of Research: from design to implementation. Berkshier, England: Open University Press, 161.
- [17] M. Laanpere 2009. Uurimistöö alused. Uurimistöö meetodid.
<http://www.slideshare.net/martlaa/uurimismeetodid-1> (21.05.2015).
- [18] W. Trochim 2006. Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition.
<http://www.socialresearchmethods.net/kb/relandval.php> (21.05.2015).
- [19] D. Watt 2007. On Becoming a Qualitative Researcher: The Value of Reflexivity. The Qualitative Report. 12 (1), 82–101.
- [20] Matemaatilised mudelid sõjanduses. Ainekava, Kaitseväe Ühendatud Õppeasutused.
- [21] Füüsika rakendused maaväes. Ainekava, Kaitseväe Ühendatud Õppeasutused.
- [22] Headquarters Royal School of Military Engineering (HQ RSME).
<http://www.army.mod.uk/856.aspx> (21.05.2015).
- [23] E. Pilli 2009. Väajundipõhine hindamine kõrgkoolis. SA Archimedes.
- [24] R. Valgmaa, E. Nõmm 2008. Õpetamisest: eesmärgist teostuseni. Tõravere, Eesti.
- [25] R. Valgmaa, E. Nõmm 2008. Õpetamisest: Eesmärgist teostuseni. AS Võru Täht.

- [26] S. Ganina 2012. Sõnavara õpieesmärkide ja hindamiskriteeriumide sõnastamiseks.
- [27] Benjamin S. Bloom 1956. Taxonomy of Educational Objectives. Käsiraamat, New York.
- [28] M. Pohl 2000. Learning to Think, Thinking to Learn: Models and Strategies to Develop a Classroom Culture of Thinking. Cheltenham.
- [29] Ühtne hindamissüsteem kõrgharidustasemel, koos diplomi kiitusega (cum laude) andmise tingimustega. Määrus 27.10.2009 nr 71, Haridus- ja Teadusministeerium.
- [30] L. Darling-Hammond 2000. Solving the dilemmas of teaching supply, demand, and standards. New York: Columbia University, National Commission on Teaching and America's Future, p. 9.
- [31] J. Biggs & C. Tang. 2008. Õppimist väärtustav õpetamine ülikoolis. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.

Lisad

Lisa 1. Sõjatehnoloogiate seotus matemaatika ja füüsikaga

Eraldi lehel.

SÕJATEHNOLOOGIA TEEMADE SEOTUS MATEMAATIKA JA FÜÜSIKAGA

21.05.2015
Koostas Siim Kanne

		Informatsiooni edastamise tehnoloogiad	Konventsionaalne relvatehnoloogia	Energia tootmine, transport ja ladustamine	Sensortechnoloogiad	Maismaa platvormid	Lõhkeained	Õhuplatvormid	Mereplatvormid	Materjalide tehnoloogia	Peite tehnoloogiad	CBRN relvad ja kaitse	Asukoha andmete kogumine ja haldamine
MATEMAATIKA													
Aritmeetika	Aritmeetika. Liitmine, lahutamine, korrutamine, jagamine.	M	M	M		M	M	M	M	M	M	M	M
Algebra	Elementaar-algebra. Tundmatu. Võrrandid. Ruutvõrrand. Võrrandsüsteemid, maatriksalgebra.	M	M	M		M	M	M	M	M	M	M	M
	Ühe/kahe muutuja funktsioonid ja graafikud.	M	M	M		M	M	M	M		M		M
Töenäosus	Töenäosus		M			M	M						M
Geomeetria	Geomeetria. Vektorid.		M			M	M	M	M	M	M		M
	Trigonomeetria.		M					M			M		M
	Ristkoordinaadid, polaarkoordinaadid, silindrilised koordinaadid, sfäärilised koordinaadid.		M						M				M
Kõrgem matemaatika	Piirväärtus, tuletis, osatuletis. Diferentsiaal. Funktsiooni uurimine tuletise abil.		M	M									M
	Integraal. Algfunktsioon, määramata integraal, integraali omadused, ositi integreerimine, määratud integraal.		M	M									M
	Diferentsiaalvõrrandid. Füüsikaline tähendus.								M	M			M
FÜÜSIKA													
Mehaanika			F	F		F	F	F	F	F	F	F	F
Elekter ja magnetism		F	F	F				F	F		F	F	F
Optika		F	F						F			F	F
Termodünaamika			F			F	F	F	F	F			F
Mikromaaailma füüsika			F	F					F				F
Metroloogia		F	F	F					F	F	F	F	F
Mehaanika alateemad													
Mehaanika	Koordinaadid, taustsüsteem. Liikumine: translatsioon, rotatsioon, deformatsioon. Matemaatiline liikumise kirjeldamine.					F		F	F	F	F		F
	Newtoni seadused. Elastusjõud. Hõõrdejõud. Inertsjõud. Töö, energia, kineetiline ja potentsiaalne energia, võimsus. Jõumoment, inertsimoment, impulsimoment. Üleslükkejõud, tihedus.		F	F		F	F	F	F	F	F		F
	Võnkumine ja lained. (Heli)Rõhk. Piki- ja ristlained. Interferents ja difraktsioon.	F	F				F		F	F			
	Merefüüsika, hüdrodünaamika.		F						F	F			
	Atmosfäärifüüsika.	F	F			F			F	F			
Elektri ja magnetisimi alateemad													
Elekter ja magnetism	Potentsiaal ja pinge, vool, takistus. Ohm'i seadus.												
	Alalis- ja vahelduvvool, 3-faasiline vool.	F	F	F				F		F	F	F	
	Kehade mahtuvus ja induktiivsus.	F	F	F				F		F	F	F	
	Elektromagnetiline induktatsioon.	F	F	F						F	F	F	
	Magnetväli.	F	F					F		F		F	
	Elektromagnetvõnkumised.	F	F					F		F			
	Elektromagnetlainete skaala.	F	F										
	Spektraalparameetrid (lainepikkus, sagedus jms).	F	F					F	F	F	F	F	F
Radio-, radari-, sonariteooria.		F	F					F	F	F	F	F	F
Optika alateemad													
Optika	Valguse teke, levik ja neeldumine. Aine optiliste omadused.	F	F										
	Valguse peegeldumine ja murdumine.	F	F								F	F	
	Valguse vastastikmõju ainega. Fotoefekt.	F	F									F	F
	Soojuskiirgus ja luminestsents.	F	F										
	Laser. Valguse interferents, difraktsioon, polarisatsioon.	F	F										
Termodünaamika alateemad													
Termodünaamika	Temperatuur ja soojus.												
	Molekulaarkineetilise teooria alused.					F	F	F	F				F
	Termodünaamilised protsessid.												
Soojusjuhtivus, konvektsioon ja soojuskiirgus.			F			F		F	F			F	F
Mikromaaailma füüsika alateemad													
Mikromaaailma füüsika	Tuumaprotsessid ja -reaktorid.												
	Tuumakiirgused ja nende bioloogiline toime.		F	F						F			F
Metroloogia alateemad													
Metroloogia	Füüsikalised suurused, skalaarid, vektorid, mõõtmine, suurusjärgud	F	F	F		F	F	F	F	F	F	F	F
	Mõõteseadmed	F	F	F					F			F	F
	Mõõtemääramatused ja nende hindamine	F	F	F					F			F	F

Lisa 2. Sõjatehnoloogiate seotus matemaatika ja füüsikaga alateemade kaupa

Eraldi lehel.

SÕJATEHNOLOOGIA TEEMADE SEOTUS MATEMAATIKA JA FÜÜSIKAGA

21.05.2015

Koostas Siim Kanne

[illegible]

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Siim Kanne,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
FÜÜSIKA JA MATEMAATIKA ROLL SÕJATEHNOLOOGIA ÕPPES NING NENDE
ÕPETAMISE DIDAKTIKA KAITSEVÄE ÜHENDATUD ÕPPEASUTUSTES,
mille juhendajad on Mart Noorma, Svetlana Ganina,
 - 1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 25.05.2015